

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-305768

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00			G 0 6 F 15/62	4 5 0
G 0 7 D 5/02	1 0 1		G 0 7 D 5/02	1 0 1
			G 0 6 F 15/70	4 6 0 B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-125173

(22) 出願日 平成8年(1996)5月21日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 谷 敏明

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

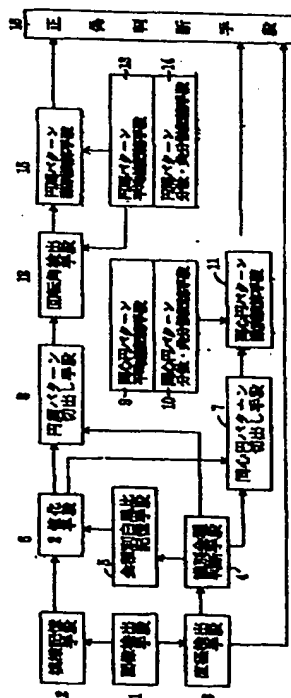
(74) 代理人 弁理士 山口 康

(54) 【発明の名称】 画像パターン識別装置

(57) 【要約】

【課題】硬貨の画像の模様を識別する精度を下げずに模様情報量を圧縮して演算量を減らし、識別を高速化する。

【解決手段】画像検出手段1で撮像しA/D変換して得た硬貨の濃淡画像を手段2に記憶する一方、この画像から手段3にて硬貨の直径を検出し手段4にてその金種を判断する。2値化手段6は予め金種別白黒比記憶手段5に記憶した当該金種の最適しきい値で濃淡画像から硬貨表面の汚れや錆の影響の少ない2値化画像を取出す。2値化画像から手段7は硬貨の回転に無関係の同心円パターンを、手段8は回転に關係するが直列データの円周パターンを夫々切出す。手段11は手段9、10に予め記憶した基準硬貨の同心円パターンの平均値や分散・共分散を用い類似度(相関係数やマハラノビス距離)を求めて識別し、手段12と15は手段13、14に同じく記憶した円周パターンの平均値や分散・共分散を用い類似度を求めて硬貨の回転角を補正し識別する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】円形の輪郭を持つ平面上に模様が有る未知の種類¹の被識別物体の模様面を撮像しA/D変換して、その濃淡画像を記憶し、この濃淡画像又は2値化手段を介してこの濃淡画像を所定のしきい値で2値化してなる2値化画像から、被識別物体がこの物体と同様に模様面を持つ特定の1又は複数の種類の基準物体の何れかに該当するか否かを識別する画像パターン識別装置において、

前記濃淡画像から前記円形の輪郭の径を検出する径検出手段、

被識別物体の前記濃淡画像又は2値化画像における円形の輪郭と同心の円周上の画素値の平均値を、この円周の径の大きさの順に、径の所定区間にわたって求めてなるデータ群としての同心円パターンと、前記の検出された輪郭の径に最も近い径の輪郭を持つ基準物体としての同径基準物体の模様面の濃淡画像又は2値化画像から予め求めた、対応する同心円パターンとの相関値を算出する第1の識別演算手段を備え、前記の識別を行うようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項2】請求項1に記載の装置において、前記第1の識別演算手段に代えて、被識別物体の前記同心円パターンと、複数の前記同径基準物体の対応する同心円パターンの同径基準物体間の平均値との間のマハラノビス距離を、同じく前記複数の同径基準物体について予め求めた、対応する同心円パターンの分散・共分散行列を用いて算出する第2の識別演算手段を備え、前記の識別を行うようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項3】請求項1又は2に記載の装置において、前記同心円パターンにおける円周上の画素値の平均値を、円周上の画素値の総和に置き換えたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項4】請求項1に記載の装置において、前記第1の識別演算手段に代えて、被識別物体の前記濃淡画像又は2値化画像における円形の輪郭と同心の所定の径の範囲にあるリング状の画像領域の所定角度毎の画素値の平均値を、リング状画像領域の周に沿い、順次1周分求めてなるデータ群としての円周パターンと、前記同径基準物体の模様面の濃淡画像又は2値化画像から予め求めた、対応する円周パターンとの相関値を算出して被識別物体の同径基準物体に対する回転角を検出し補正する第1の回転角検出・識別演算手段を備え、この補正後の相関値から前記の識別を行うようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項5】請求項4に記載の装置において、前記第1の回転角検出・識別演算手段に代えて、被識別物体の前記円周パターンと、複数の前記同径基準物体の対応する円周パターンの同径基準物体間の平均値との間のマハラノビス距離を、同じく前記複数の同径基準物体

について予め求めた、対応する円周パターンの分散・共分散行列を用いて算出し、被識別物体の同径基準物体に対する回転角を検出し補正する第2の回転角検出・識別演算手段を備え、この補正後のマハラノビス距離から前記の識別を行うようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項6】請求項4に記載の装置において、前記第1の回転角検出・識別演算手段に代えて、被識別物体の前記円周パターンと、複数の前記同径基準物体の対応する円周パターンの同径基準物体間の平均値との相関値を算出して被識別物体の同径基準物体に対する回転角を検出し補正する回転角検出手段、

この補正後の被識別物体の前記円周パターンと、前記複数の同径基準物体の円周パターンの同径基準物体間の平均値との間のマハラノビス距離を、同じく前記複数の同径基準物体について予め求めた、対応する円周パターンの分散・共分散行列を用いて算出する第3の識別演算手段を備え、前記の識別を行うようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項7】請求項4ないし6のいずれかに記載の装置において、

前記所定の径の範囲にあるリング状の画像領域から得た円周パターンを、所定の径の範囲を夫々異にする複数の円周パターンとすることを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項8】請求項4ないし7のいずれかに記載の装置において、

前記円周パターンにおける所定角度毎の画素値の平均値を、所定角度毎の画素値の総和に置き換えたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項9】請求項1ないし8のいずれかに記載の装置において、

前記2値化手段が、前記同径基準物体の模様面の2値化画像から予め得た最適の白黒比となるしきい値で、被識別物体の濃淡画像を2値化するようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【請求項10】請求項9に記載の装置において、

前記被識別物体及び基準物体を硬質とし、前記2値化手段が前記同径基準物体の表裏の模様面から予め得た夫々のしきい値で、被識別物体の濃淡画像を2値化するようにしたことを特徴とする画像パターン識別装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は硬貨などの円形物体の画像パターンから、その種別（金種）、正偽等を識別する装置、特にその演算量を削減し得るようにした画像パターン識別装置に関する。なお以下各図等において同一の符号は同一もしくは相当部分を示す。

【0002】

【従来の技術】従来の硬貨識別機では、硬貨の直径、材

10

20

30

40

50

質、厚み等の特徴量をセンサで検出し、各特徴量が金種に応じて定まる標準的な範囲に入っているか否かを判定することにより、硬貨の金種と正偽を識別している。硬貨の特徴量の検出にはコイル等の磁気センサを用いる方法が知られているが、この方法では硬貨の金種と正偽を決める大きな特徴である硬貨表面の模様を全く識別していない。

【0003】なお本出願人の先願になる特願平07-228686号では、硬貨表面の凹凸に応じて出力が変化する磁気センサ部分を硬貨が通過するときのセンサ出力波形データと、予め識別対象の特定金種の硬貨について得たセンサ出力波形データとの類似度を、マハラノビス距離の算出によって判定する技術が提案されているが、磁気センサがその性質上、硬貨の材質の影響を大きく受けるため、模様識別の精度が低い。

【0004】一方、硬貨の模様を識別する方法としては、硬貨表面の模様をCCDカメラ等で2次元画像として読込み、濃淡パターン・マッチングを行う方法が最も*

$$\begin{aligned} X &= x \cos \theta - y \sin \theta \\ Y &= x \sin \theta + y \cos \theta \end{aligned}$$

ここで移動先、つまり回転補正画像F2上の点(X, Y)の濃淡値をQ(X, Y)とし、予め検出画像F1から求めた被識別硬貨の外径にほぼ等しい外径を持つ金種の硬貨の平均的な画像としての図15の基準画像Fs上の点(X, Y)の濃淡値をPs(X, Y)とすると、相※

$$\begin{aligned} CR &= \frac{\sum_{n=1}^{n-1} \sum_{x=x_0}^{x_{n-1}} \sum_{y=y_0}^{y_{n-1}} (Q(X, Y) - \cdot Q(X, Y)) (Ps(X, Y) - \cdot Ps(X, Y))}{\left[\left\{ \sum_{n=1}^{n-1} \sum_{x=x_0}^{x_{n-1}} \sum_{y=y_0}^{y_{n-1}} (Q(X, Y) - \cdot Q(X, Y))^2 \right\} \right.} \\ &\quad \times \left. \left\{ \sum_{n=1}^{n-1} \sum_{x=x_0}^{x_{n-1}} \sum_{y=y_0}^{y_{n-1}} (Ps(X, Y) - \cdot Ps(X, Y))^2 \right\} \right]^{1/2}} \end{aligned}$$

但し

$$\begin{aligned} \cdot Q(X, Y) &= (1/n^2) \left\{ \sum_{n=1}^{n-1} \sum_{x=x_0}^{x_{n-1}} \sum_{y=y_0}^{y_{n-1}} Q(X, Y) \right\} \\ \cdot Ps(X, Y) &= (1/n^2) \left\{ \sum_{n=1}^{n-1} \sum_{x=x_0}^{x_{n-1}} \sum_{y=y_0}^{y_{n-1}} Ps(X, Y) \right\} \end{aligned}$$

またX0とXn-1は硬貨の輪郭部が内接するn×nの画素領域からなる画像F2、FsのX軸方向の両端画素の座標点であり、Y0とYn-1は同じくY軸方向の両端画素の座標点である。

【0008】この相関値CRが所定値以上であって、且つ最も大きいθがあれば、被識別硬貨は基準画像Fsに対応する硬貨で、このθの値が被識別硬貨の回転角と判定される。なおこの時の相関値CRは被識別硬貨の模様が基準の硬貨にどのくらい似ているかを表す値であり、1に近いほど基準の硬貨の模様に近いことを表す。

【0009】

【発明が解決しようする課題】このように従来の技術では、硬貨表面の模様を識別する場合、硬貨の回転角度を求める時に硬貨全面の画像を微小角度ずつ回転させる必要があるため、回転処理と回転角度の判定に膨大な処理が必要である。例えば相関値を求めるために1画素あたり3回の積和計算が必要なため、300×300画素の★50

*一般的である。濃淡パターン・マッチングを行う場合、硬貨が円形のために回転方向を求める必要がある。回転方向を求めるには、検出した硬貨の画像を微小角度ずつ回転させた画像をアフィン変換により求め、この変換画像を、当該の被識別硬貨と外径の等しい基準の硬貨の平均的な画像パターンと比較し(相関値を求め)、最も良く似ている角度を被識別硬貨の回転角度とする方法が良く知られている。

【0005】図15は従来の濃淡パターン・マッチングの原理図である。同図において、CCDカメラで検出した被識別硬貨の画像(検出画像)F1上の画素の座標としての点(x, y)の濃淡値をP(x, y)とし、これを角度θだけアフィン変換で回転すると、点(x, y)の画素が回転補正画像F2上の点(X, Y)に移動する。但しX, Yは下式(1)で与えられる。

【0006】

【数1】

... (1)

※関値(相関係数ともいう)CRは次式(2)で求めることができる。

【0007】

【数2】

... (2)

★硬貨の画像を比較する場合、27万回の積和計算が必要となる上に、微小角度毎に回転させて比較を行う必要がある。そのため、簡単な硬貨識別機では識別に膨大な時間が掛かり、また識別時間を短縮しようとするれば、専用の大規模LSIなどを利用する必要があるためコスト高になってしまうという問題がある。

【0010】また硬貨表面の模様をCCDカメラ等の光式センサで読取るために、硬貨表面の汚れや錆による画像の劣化が大きく、硬貨の金種・正偽判定の識別率を低下させてしまうという問題もある。そこで本発明は、硬貨の回転に対して有効で、硬貨表面の汚れや錆による影響が小さく、高精度で高速な識別を行うことができ、かつ安価な画像パターン識別装置を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するために請求項1の画像パターン識別装置は、円形の輪郭を

持つ平面上に模様がある未知の種類、被識別物体の模様面を(画像検出手段1を介し)撮像しA/D変換して、その濃淡画像を(模様記憶手段2へ)記憶し、この濃淡画像又は2値化手段(6)を介してこの濃淡画像を所定のしきい値で2値化してなる2値化画像から、(正偽判断手段16を介し)被識別物体がこの物体と同様に模様面を持つ特定の1又は複数の種類の基準物体の何れかに該当するか否かを識別する画像パターン識別装置において、前記濃淡画像から前記円形の輪郭の径を検出する径検出手段(直径検出手段3)、被識別物体の前記濃淡画像又は2値化画像における円形の輪郭と同心の円周上の画素値の平均値(\bar{e}_r)を、この円周の径の大きさの順に、径の所定区間にわたって(同心円パターン切出手段7を介し)求めてなるデータ群としての同心円パターン(02)と、前記の検出された輪郭の径に最も近い径の輪郭を持つ(識別金種判断手段4を介して特定された)基準物体としての同径基準物体の模様面の濃淡画像又は2値化画像から予め求めた、(同心円パターン平均値記憶手段9に格納されてなる)対応する同心円パターンとの相関値(C_{Re})を算出する第1の識別演算手段(同心円パターン識別演算手段11)を備え、前記の識別を行うようにする。

【0012】また請求項2の画像パターン識別装置は、請求項1に記載の装置において、前記第1の識別演算手段に代えて、被識別物体の前記同心円パターンと、複数の前記同径基準物体の対応する同心円パターンの同径基準物体間の平均値との間のマハラノビス距離(D_{e^2})を、同じく前記複数の同径基準物体について予め求めた、(同心円パターン分散・共分散記憶手段10にその逆行列が格納されてなる)対応する同心円パターンの分散・共分散行列(Δ_e)を用いて算出する第2の識別演算手段(同心円パターン識別演算手段11)を備え、前記の識別を行うようにする。

【0013】また請求項3の画像パターン識別装置では、請求項1又は2に記載の装置において、前記同心円パターンにおける円周上の画素値の平均値を、円周上の画素値の総和に置き換える。また請求項4の画像パターン識別装置は、請求項1に記載の装置において、前記第1の識別演算手段に代えて、被識別物体の前記濃淡画像又は2値化画像における円形の輪郭と同心の所定の径の範囲にあるリング状の画像領域の所定角度毎の画素値の平均値($c_{1,j}$ など)を、リング状画像領域の周に沿い、順次1周分(円周パターン切出手段8を介し)求めてなるデータ群としての円周パターン(03)と、前記同径基準物体の模様面の濃淡画像又は2値化画像から予め求めた、(円周パターン平均値記憶手段13に格納されてなる)対応する円周パターンとの相関値を算出して被識別物体の同径基準物体に対する回転角を検出し補正する第1の回転角検出・識別演算手段(回転角検出手段12及び円周パターン識別演算手段15)を備え、こ

の補正後の相関値から前記の識別を行うようにする。

【0014】また請求項5の画像パターン識別装置は、請求項4に記載の装置において、前記第1の回転角検出・識別演算手段に代えて、被識別物体の前記円周パターンと、複数の前記同径基準物体の対応する円周パターンの同径基準物体間の平均値との間のマハラノビス距離を、同じく前記複数の同径基準物体について予め求めた、(円周パターン分散・共分散記憶手段14にその逆行列が格納されてなる)対応する円周パターンの分散・共分散行列を用いて算出し、被識別物体の同径基準物体に対する回転角を検出し補正する第2の回転角検出・識別演算手段(回転角検出手段12及び円周パターン識別演算手段15)を備え、この補正後のマハラノビス距離から前記の識別を行うようにする。

【0015】また請求項6の画像パターン識別装置は、請求項4に記載の装置において、前記第1の回転角検出・識別演算手段に代えて、被識別物体の前記円周パターンと、複数の前記同径基準物体の対応する円周パターンの同径基準物体間の平均値との相関値(C_{Rc})相当値を算出して被識別物体の同径基準物体に対する回転角を検出し補正する回転角検出手段(12)、この補正後の被識別物体の前記円周パターンと、前記複数の同径基準物体の円周パターンの同径基準物体間の平均値との間のマハラノビス距離(D_{c^2} 相当値)を、同じく前記複数の同径基準物体について予め求めた、(円周パターン分散・共分散記憶手段14にその逆行列が格納されてなる)対応する円周パターンの分散・共分散行列(Δ_c 相当行列)を用いて算出する第3の識別演算手段(円周パターン識別演算手段15)を備え、前記の識別を行うようにする。

【0016】また請求項7の画像パターン識別装置では、請求項4ないし6のいずれかに記載の装置において、前記所定の径の範囲にあるリング状の画像領域から得た円周パターンを、所定の径の範囲を夫々異にする複数の円周パターンとする。また請求項8の画像パターン識別装置では、請求項4ないし7のいずれかに記載の装置において、前記円周パターンにおける所定角度毎の画素値の平均値を、所定角度毎の画素値の総和に置き換える。

【0017】また請求項9の画像パターン識別装置では、請求項1ないし8のいずれかに記載の装置において、前記2値化手段が、前記同径基準物体の模様面の2値化画像から予め得た最適の(金種別白黒比記憶手段5に記憶された)白黒比となるしきい値(TH)で、被識別物体の濃淡画像を2値化するようにする。また請求項10の画像パターン識別装置では、請求項9に記載の装置において、前記被識別物体及び基準物体を硬貨とし、前記2値化手段が前記同径基準物体の表裏の模様面から予め得た夫々のしきい値($TH1$, $TH2$)で、被識別物体の濃淡画像を2値化するようにする。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は本発明の1実施例としての機能構成図である。次に図1を用いて本発明の概要を述べる。画像検出手段1で検出した、識別しようとする未知の硬貨（被識別硬貨）の模様を多値の濃淡画像として模様記憶手段2に濃淡画像として取り込む。また直径検出手段3を介して画像検出手段1で検出した2次元の濃淡画像から、その1ラインずつを調べて被識別硬貨の直径を求める。

【0019】図2は硬貨の2次元画像の1ライン上の濃度（画素値）の分布を示す。即ち1ライン上の画素値は同図のように硬貨の輪郭部から外部（背景部）へかけて急激に低下するので、2次元画像の画素値の最大値と最小値の中間点となる2点間の距離を求めると硬貨の仮の直径 D_m' が得られる。この硬貨の仮の直径 D_m' を全てのラインについて調べた、最大の値 D_m が硬貨の直径に相当する。

【0020】金種により直径が異なるので、直径を求めた時点で識別金種判断手段4を介して被識別硬貨の金種を判断し、この後でその硬貨の正偽を識別する。次に2値化手段6を介して濃淡画像を白と黒の2つの値しか取らない2値化画像に変換する。金種によって硬貨の表面の模様は異なるので、模様を画像として見た場合の白と黒の比率は金種（と表裏）により異なる。そこで予め金種別の模様に応じた最適の白黒比を金種別白黒比記憶手段5に記憶しておき、2値化手段6で、この白黒比に最も近くなるように、被識別硬貨の濃淡画像を白と黒の2値化画像とする2値化しきい値を調整する。

【0021】このようにして得た2値化画像から同心円パターン切出し手段7、円周パターン切出し手段8を介して、夫々次に述べる同心円パターン及び円周パターンを取出す。なお2値化画像から同心円パターンや円周パターンを取出すことは、硬貨の汚れの影響を小さくし識別効果を高めるので、以下では2値化画像を利用する例を説明するが、場合によっては濃淡画像から同心円パターンや円周パターンを取出しても良い。

【0022】図3は同心円パターンの説明図である。同図（A）のように硬貨（画像）01の中心Oから距離 r にある、硬貨と同心の円上の画素値の総和 E_r を、この同心円上の画素数 nr で除した画素値の平均値（平均画素値） er を距離 r の大きさの順に、この例では $r=0 \sim R$ まで（但し R は硬貨の外周（輪郭部）までの距離）、求めることにより、同図（B）のように平均画素値 er を縦軸とし、距離 r を横軸とする、硬貨の回転に無関係な模様の特徴量である平均画素値 er のデータ群としての同心円パターン02を得ることができる。なお以下では平均画素値 er を、基準硬貨（の平均的な値）では er として区別する。

【0023】同心円パターン02としては、画素値の平均値 er の代わりに、画素値の総和 E_r を用いた同心円

パターンも考えられる。この場合、硬貨の外周に近づく程同心円パターンの値が大きく、硬貨の模様の情報量が多くなる。これは、外周に近づく程、模様の特色が良く現れることを意味し、この同心円パターンの特に外周部に着目することにより硬貨の識別精度を高めることができる。

【0024】図4は円周パターンの説明図である。円周パターンも同心円パターンと同様に濃淡画像又は2値化画像から取出す。同図（A）のように硬貨01の中心Oから一定の距離 r_1 と r_2 の間にあるリング状の画像領域を一定角度（例えば 10° ）毎に分割した扇形部分の画素値の総和 C 又は平均値 c （以下の例では総和 C ）を求めていくと、同図（B）のように各扇形の画素値の総和 C を縦軸とし、角度 θ （扇形の配列番号に対応）を横軸とする、扇形の画素値からなるデータ群としての円周パターン03を切出すことができる。切出した円周パターンは、硬貨の回転方向に依存するが、直列（環状連鎖）データであるため、平面画像を回転補正するよりも遙かに短い処理時間で回転補正し、識別することができる。なお以下では前記画素値総和 C を一般に $C_{h,j}$ （但し基準硬貨（の平均的な値）では $\Gamma_{h,j}$ として区別、なお h ：リング番号、 j ：扇形の配列番号）の形で表す。

【0025】このように取出された被識別硬貨の同心円パターンと円周パターンが夫々比較対象の特定金種の硬貨（基準硬貨）の対応するパターン（一般には当該金種の複数の硬貨の対応する平均のパターンを用いる）と、どれだけ似ているかの類似度を、同心円パターン識別演算手段11と円周パターン識別演算手段15を介して計算し、模様の正偽の（仮の）識別を行う。

【0026】類似度の計算には、被識別硬貨から検出した同心円パターンと同心円パターン平均値記憶手段9に記憶されている比較対象の基準硬貨の平均の同心円パターンとの相関係数、又は被識別硬貨から検出した円周パターンと円周パターン平均値記憶手段13に記憶されている比較対象の基準硬貨の平均の円周パターンとの相関係数を求めるか、或いは、同心円パターン分散・共分散記憶手段10、又は円周パターン分散・共分散記憶手段14のデータを用いて、検出した同心円パターンと対応する平均の同心円パターンとの間のマハラノビス距離、又は検出した円周パターンと対応する平均の円周パターンとの間のマハラノビス距離を求める。なお相関係数が大きい程、またマハラノビス距離が小さい程、類似度が大きい。

【0027】そして直径検出手段3で求めた硬貨の直径と、同心円パターン識別演算手段11及び円周パターン識別演算手段15で求めた類似度が、夫々特定の範囲にあるかを正偽判断手段16で判断することにより、硬貨の正式の識別を行う。図5は本発明の装置の一実施例としてのハード構成を示すブロック図である。次に図5の構成と動作を図1ないし図14を参照しつつ説明する。

【0028】硬貨の模様を検出する方法には、ライン・イメージセンサを用いたり、変位計を用いて硬貨表面の凹凸を読込むなどの様々な方法があるが、ここではCCDカメラ21で硬貨の模様を読取り、CCDカメラ21の同期信号21bを同期回路22に入力して後述する各種のタイミング信号を作ると共に、カメラ21の画像信号21aをサンプル/ホールド回路23を介し、サンプリングして保持しつつ、8ビットのA/D変換器24でA/D変換して、256階調の画像（濃淡画像）としてデュアル・ポート・ビデオRAM（以下DPVRAMと呼ぶ）26に格納する方法を用いる。

【0029】同期回路22は、CCDカメラ21からの画像信号21aを、手段23、24を介しサンプル/ホールドしてA/D変換するタイミングを調整したり、DPVRAM26へ画像データ（画素値）を格納するアドレスをアドレスカウンタ25を介して生成したりする。次にCPU27で計算することにより、硬貨の識別を行う。このCPU27での識別のために、識別方法と識別基準データを格納したROM29と、作業データを格納しておくRAM28が設けられている。また直径の算出と2値化の際に、CPU27から硬貨の模様の画像を参照できるように、CPU27とDPVRAM26との間に、アドレスバス30とデータバス31がつながっている。

【0030】なおここで図1の画像検出手段1は図5のCCDカメラ、A/D変換器等からなる21～25の手段に相当し、図1の模様記憶手段2は図5のDPVRAM26に相当する。また図1の金種別白黒比記憶手段5、同心円パターン平均値記憶手段9、同心円パターン分散・共分散記憶手段10、円周パターン平均値記憶手段13、円周パターン分散・共分散記憶手段14は図5のROM29に相当し、図1のその他の手段は図5のCPU27及びROM29に格納された夫々該当するソフトウェア手段（プログラム）に相当する。

【0031】図5では前述のようにCCDカメラ21、A/D変換器24等からなる図1の画像検出手段1にて硬貨の画像を撮像してA/D変換し、硬貨全面の濃淡画像をDPVRAM26としての図1の模様記憶手段2に格納する。図6は硬貨の検出画像上の各画素の位置と、DPVRAM26におけるその各画素の格納アドレスとの対応を示す。即ち図6（A）のようにM行×N列の画素からなるCCDカメラ21からの硬貨の検出画像F1上のm行n列目の画素データを図6（B）のようにDPVRAM26のN×m+n番目のアドレスに格納する。

【0032】CPU27としての図1の直径検出手段3は、DPVRAM26に格納している被識別硬貨の画像を調べて、この硬貨の直径を求める。即ち最初にDPVRAM26に格納している画素データの最大値（MAX とする）と最小値（MIN とする）を求める。そして0行目から、その行で最初に画素データが（MAX + MIN）/2となる点Pxuと、最後に（MAX + MIN）/2となる点Pxd を求め、Px

d - Pxu を硬貨の仮の直径Dm'（図2参照）とする。この仮の直径Dm'（=Pxd - Pxu）をM-1行目まで求め、全ての行の仮の直径Dm'の中で最大となる値を被識別硬貨の真の直径Dmとし、この時のPxu とPxd の値をRAM28の中の一時記憶領域に記憶しておく。

【0033】また同様な方法で、DPVRAM26の0列目から、その列で最初に（MAX + MIN）/2となる点Pyuと、最後に（MAX + MIN）/2となる点Pyd を求め、全ての列の中でPyd - Pyu が最大となる点Pyu とPyd を求める。この時、座標点（（Pxu+Pxd）/2,（Pyu+Pyd）/2）が被識別硬貨の中心となる。直径Dmを検出すれば、被識別硬貨の金種がわかる。即ち国内6金種を識別するならば、被識別硬貨の直径Dmが、1円硬貨φ20mm、5円硬貨φ22mm、10円硬貨φ23.5mm、50円硬貨φ21mm、100円硬貨φ22.5mm、500円硬貨φ26.5mmの何れに最も近いかを、CPU27としての図1の識別金種判断手段4で調べて被識別硬貨の金種を判断する。

【0034】次にCPU27としての図1の2値化手段6は、模様が含まれるDPVRAM26の濃淡画像を2値化する。この2値化に当っては、予めROM29としての図1の金種別白黒比記憶手段5に記憶している、各金種の硬貨に最も適した2値化の白黒比のうち、識別金種判断手段4で判断した金種に対応する白黒比を求める。図7は金種別白黒比記憶手段5内のデータ構造の実施例を示し、この金種別白黒比記憶手段5には各金種の表裏の夫々の模様を画像として捉えた場合に最も適切な白の割合が記憶されている。本発明では硬貨の表面の微小な凹凸からなる全ての模様を正しく捉えるため、硬貨の中心軸と同軸のリング状の光源を用い、硬貨の全周にわたって一様に、外周斜め方向から硬貨の面に光を当て、これにより模様の凹凸のエッジ部分が光るので、前記の白の割合は硬貨表面の凹凸のエッジが占める割合となる。

【0035】図8は2値化手段6が濃淡画像をこのような指定の白黒比で2値化する動作の説明図である。即ち2値化手段6は最初に図8（A）に示すように、DPVRAM26の硬貨の濃淡画像内の256階調の画素値毎の画素数をヒストグラム04にする。そして図8（B）に示すようにヒストグラム04の全面積（全画素数）と白側の面積（画素数）の割合が金種別白黒比記憶手段5から取出した白黒比となるように、2値化のしきい値THを調整する。

【0036】例えば1円硬貨の濃淡画像を2値化する場合、図7から白の割合を表側なら0.15、裏側なら0.12にする必要がある。そこで図8（A）の実施例のように、全画素数が100000であれば、白の画素数が15000または12000になるように2値化のしきい値THを決める。即ち画素値が255（白の最大値）の画素数から加算していき、加算値が15000または12000以上になる画素値をしきい値THにす

る。ここで求めたしきい値THを夫々、表側と仮定した場合をTH1、裏側と仮定した場合をTH2とする。DPVRAM 26を調べて、求めたしきい値TH以上の画素値を持つ画素の画素値を1に換え、同じくしきい値TH未満の画素値を持つ画素の画素値を0に換えて2値化を行う。

【0037】2値化した画像は、被識別硬貨の画像が表側とした場合(しきい値をTH1として2値化した場合)の2値化画像と、裏側とした場合(しきい値をTH2として2値化した場合)の2値化画像とを別々にRAM 28に格納する。そしてこの2値化画像をもとに模様の識別を行う。

$$d = \{ \{ (Pxu + Pxd) / 2 - x \}^2 + \{ (Pyu + Pyd) / 2 - y \}^2 \}^{1/2} + 0.5$$

図9はRAM 28内での被識別硬貨の同心円パターン02のデータ構造を示す。このデータは距離 r ($=0 \sim R$)毎の、画素値の総和(つまり硬貨の中心Oと同心の半径 r の円周上の全ての画素値の加算値) E_r 、同じく全画素数 nr 、同じく平均画素値 $er = E_r / nr$ からなる。

【0039】同心円パターン切出し手段7は、式(3)の距離 d が被識別硬貨の直径 Dm の $1/2$ 以下ならば、当該の画素は硬貨の面内の画素であるので、図9の同心円パターン記憶領域の画素値の総和 E_r の $d(=r)$ 行目に加算する。中心Oから $r=d$ だけ離れた画素の数 n_r は常に一定なので、予め図9の同心円パターン記憶領域に設定しておく。

【0040】被識別硬貨の輪郭内の全ての画素について、夫々、硬貨の中心Oとの距離 d を求め、その画素値を図9の同心円パターン記憶領域の該当する画素値の総和 E_r に加算したのち、この同心円パターン記憶領域の各行について、画素値の総和 E_r を画素数 nr で割った値 E_r / nr を平均画素値 er の記憶領域に格納すれば、同心円パターンが完成する。

【0041】次にこのように被識別硬貨の画像から切出した同心円パターンと、基準硬貨の同心円パターンの平均値との類似度を調べて被識別硬貨の正偽の識別を行う。この類似度は、予め同心円パターン平均値記憶手段9に記憶している複数の基準硬貨の同心円パターンの平均値と、図9のように切出した被識別硬貨の同心円パタ

$$er = (1/NS) \sum_{k=1}^{NS} (er)_k \quad \dots (4)$$

CPU 27としての図1の同心円パターン識別演算手段11は、切出した被識別硬貨の同心円パターンとしてのデータ群 $(e_0, e_1, \dots, er, \dots, e_R)$ と、複数の基準硬貨の同心円パターン平均値としてのデータ群 $(e_0, e_1, \dots, er, \dots, e_R)$ と、

$$CRe = (1/(R+1)) \sum_{r=0}^R \{ (er - e) (er - e) \} / \{ \{ (1/(R+1)) \sum_{r=0}^R (er - e)^2 \} \times \{ (1/(R+1)) \sum_{r=0}^R (er - e)^2 \} \}^{1/2}$$

但し

$$\begin{aligned} e &= (1/(R+1)) \sum_{r=0}^R er \\ e &= (1/(R+1)) \sum_{r=0}^R er \end{aligned}$$

* 1) 同心円パターンによる識別方法

まず同心円パターンを利用する識別方法を説明する。同心円パターン02はCPU 27としての図1の同心円パターン切出し手段7を介し、被識別硬貨の画像内の硬貨の中心Oの前述した座標点 $((Pxu + Pxd) / 2, (Pyu + Pyd) / 2)$ から一定距離にある全ての画素の画素値を加算して求める。被識別硬貨の2値化画像の x 列 y 行目の画素と硬貨の中心Oとの距離 d は次式(3)の右辺の値を越えない最大の整数とする。

【0038】

* 【数3】

$$\dots (3)$$

※一との相関係数を求めるか、あるいは前記の基準硬貨の同心円パターンの平均値、及び予め同心円パターン分散・共分散記憶手段10に記憶している(複数の基準硬貨の同心円パターンから作られた)分散・共分散行列の逆行列を用い、切出した同心円パターンと前記同心円パターンの平均値との間のマハラノビス距離を求めて、調べることができる。

【0042】先ず切出した被識別硬貨の同心円パターンと、複数の基準硬貨の同心円パターンの平均値との相関係数 CRe を求める方法を説明する。ROM 29としての図1の同心円パターン平均値記憶手段9には、予め識別すべき全金種の硬貨(基準硬貨)の同心円パターンの平均値を記憶しておく。図10は同心円パターン平均値記憶手段9内の或る金種の硬貨の同心円パターンの平均値 er (但し $r=0 \sim R$)のデータ構造の例を示す。この図に示すように同心円パターンの平均値は硬貨の表側と裏側に分けて記憶されている。

【0043】なお図10の同心円パターン平均値を得るのに用いた複数枚(NS とする)の基準硬貨のサンプルの1枚(番号を k とする)について、予め図9と同様に求めた距離 r での平均画素値 er を改めて $(er)_k$ とすると、図10の同心円パターン平均値における距離 r での画素値 er は次式(4)で求められる。

【0044】

【数4】

* 1. $\dots er \dots e_R$ との相関係数 CRe を次式(5)で求める。

【0045】

【数5】

同心円パターン平均値 ($e_0, e_1, \dots, e_r, \dots, e_R$) を硬貨の表側の平均値とした場合と、裏側の平均値とした場合の2回計算を行う。相関係数 CRe は大きくなればなるほど良く似ている (類似度が大きい) ことを表すので、表側の相関係数 CRe と、裏側の相関係数 CRe の何れか大きい方を硬貨の類似度とする。求めた類似度が予めROM 29に記憶している、しきい値 Th_{e1} 以上であれば、正貨と (仮に) 判断する。

【0046】次に切出した被識別硬貨の同心円パターンと複数の基準硬貨の同心円パターンの平均値との間のマハラノビス距離を求めて、この2つの同心円パターンの*

$$\Delta e = \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{0R} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{1R} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{R0} & S_{R1} & \cdot & \cdot & S_{RR} \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = (1/NS) \sum_{k=1}^N \{ (e_i)_k - \bar{e}_i \} \{ (e_j)_k - \bar{e}_j \} \quad \dots (6)$$

但し、NS: 基準硬貨のサンプル数、k: 基準硬貨のサンプル番号

$(e_i)_k, (e_j)_k$: 基準硬貨のk番目のサンプルの同心円パターンの平均画素値 $(e_r)_k$ の夫々 $r=i, r=j$ に相当する値

\bar{e}_i, \bar{e}_j : 基準硬貨の同心円パターン平均値の画素値 \bar{e}_r の夫々 $r=i, r=j$ に相当する値

$$De^2 = (e_0 - \bar{e}_0, e_1 - \bar{e}_1, \dots, e_R - \bar{e}_R) \quad \times \quad \text{【数7】}$$

$$\times \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{0R} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{1R} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{R0} & S_{R1} & \cdot & \cdot & S_{RR} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} e_0 - \bar{e}_0 \\ e_1 - \bar{e}_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ e_R - \bar{e}_R \end{bmatrix}$$

なお

... (5)

* 類似度を調べる方法を説明する。ROM 29としての図1の同心円パターン分散・共分散記憶手段10には予め識別すべき全金種の硬貨 (基準硬貨) の表側と裏側の同心円パターンの分散・共分散行列 Δe の逆行列 Δe^{-1} を図11のように記憶しておく。

【0047】図11でi行j列目の項 S_{ij}^{-1} は逆行列 Δe^{-1} のi行j列目の項を示す。なお分散・共分散行列 Δe は次式 (6) で定義する。

【0048】

【数6】

※CPU 27としての同心円パターン識別演算手段11

は、この分散・共分散行列 Δe の逆行列 Δe^{-1} と、切出した被識別硬貨の同心円パターンと、基準硬貨の同心円パターンの平均値とからマハラノビス距離 De^2 を次式 (7) により計算する。

【0049】

【数7】

$$\Delta e^{-1} = \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{0n} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{n0} & S_{n1} & \cdot & \cdot & S_{nn} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} S_{00}^{-1} S_{01}^{-1} \cdot & \cdot & S_{0n}^{-1} \\ S_{10}^{-1} S_{11}^{-1} \cdot & \cdot & S_{1n}^{-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{n0}^{-1} S_{n1}^{-1} \cdot & \cdot & S_{nn}^{-1} \end{bmatrix}$$

... (7)

このマハラノビス距離 De^2 を、硬貨の表側と裏側について計算する。 De^2 が大きい程、同心円パターンの平均値から離れていることを表すので、表側の計算結果と裏側の計算結果の小さい方を正貨に対する類似度を表す値とする。そしてこの値が予めROM29に記憶している、しきい値 Th_2 以下であれば、正貨と(仮に)判断する。

【0050】また同心円パターンとしては、平均画素値 ($e_0, e_1, \dots, e_r \dots e_R$) の代わりに画素値総和 ($E_0, E_1, \dots, E_r \dots E_R$) を用いることもできる。*

$$\Delta_k = \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{0n} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{n0} & S_{n1} & \cdot & \cdot & S_{nn} \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = (1/NS)^{1/2} \sum_{k=1}^N \{ \{ (Ei)_k - ni \} \times \{ (Ej)_k - nj \} \}$$

... (8)

但し、NS: 基準硬貨のサンプル数、k: 基準硬貨のサンプル番号

$(Ei)_k, (Ej)_k$: 基準硬貨のk番目のサンプルの同心円パターンの画素値総和 ($Er)_k$ の夫々 $r=i, r=j$ に相当する値

ei, ej : 基準硬貨の同心円パターン平均値の画素値 er の夫々 $r=i, r=j$ に相当する値

※

*そして類似度を相関係数によっても、マハラノビス距離によっても前記とほぼ同様に求めることができる。以下ではマハラノビス距離を算出する実施例を説明する。この場合、ROM29の同心円パターン分散・共分散記憶手段10には、図11と同様に、画素値総和を用いた同心円パターンに対応する分散・共分散行列 Δ_k の逆行列 Δ_k^{-1} の各項 S_{ij}^{-1} を格納しておく。分散・共分散行列 Δ_k は次式(8)で定義される。

【0051】

【数8】

※ ni, nj : 同心円パターンの円周上の画素数 nr の夫々 $r=i, r=j$ に相当する値

またこの場合の被識別硬貨の同心円パターンと基準硬貨の同心円パターンの平均値との間のマハラノビス距離 D

40 D^2 は次式(9)によって計算される。

【0052】

【数9】

$$D_1^{17} = [E0 - n0 \times \varepsilon 0, E1 - n1 \times \varepsilon 1, \dots, ER - nR \times \varepsilon R]^{18}$$

$$\times \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{01} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{11} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{11} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} E0 - n0 \times \varepsilon 0 \\ E1 - n1 \times \varepsilon 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ ER - nR \times \varepsilon R \end{bmatrix}$$

なお

$$\Delta_1^{-1} = \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{01} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{11} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{11} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} S_{00}^{-1} S_{01}^{-1} \cdot & \cdot & S_{01}^{-1} \\ S_{10}^{-1} S_{11}^{-1} \cdot & \cdot & S_{11}^{-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{10}^{-1} S_{11}^{-1} \cdot & \cdot & S_{11}^{-1} \end{bmatrix}$$

... (9)

このマハラノビス距離 D_1^2 についても硬貨の表側と裏側について求め、どちらか一方が、予めROM29に記憶しているしきい値TH2以下であれば、正貨と(仮に)判断する。

2) 円周パターンによる識別方法

次に円周パターン03を2値化画像から切出すCPU2 30 7としての図1の円周パターン切出し手段8について説明する。この場合、硬貨の中心Oから r_1 以上、 r_2 未*

* 溝の距離にあるリング状の2値化画像を等角度に分割する。2値化画像の点(x, y)と硬貨の中心O((Pxu+Pxd)/2, (Pyu+Pyd)/2)との距離d(式(3)参照)が、 $r_1 \leq d < r_2$ の場合、点(x, y)はリング状画像領域にあるので、点(x, y)の硬貨の中心Oに対する角度 θ を次式(10)により計算する。

[0053]

[数10]

イ) (Pxu+Pxd)/2-x \geq 0, (Pyu+Pyd)/2-y \geq 0のとき:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\{ (Pyu+Pyd)/2-y \} / \{ (Pxu+Pxd)/2-x \} \right]$$

ロ) (Pxu+Pxd)/2-x $<$ 0のとき:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\{ (Pyu+Pyd)/2-y \} / \{ (Pxu+Pxd)/2-x \} \right] + \pi$$

ハ) (Pxu+Pxd)/2-x $<$ 0, (Pyu+Pyd)/2-y $<$ 0のとき:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\{ (Pyu+Pyd)/2-y \} / \{ (Pxu+Pxd)/2-x \} \right] + 2\pi$$

... (10)

図12はRAM28内の円周パターン03のデータ構造の例を示す。同図においては硬貨の中心Oから距離 $r_1 \sim r_2$ (リング番号1), $r_2 \sim r_3$ (リング番号2), $r_3 \sim r_4$ (リング番号3)の3つのリング状画像領域についてのデータ格納領域が設けられているが、ここでは距離 $r_1 \sim r_2$ (リング番号1)に対応するデータ格納領域を例に取って説明する。

[0054] この例ではリング状の2値化画像領域を10°毎(36個の扇形)に分割するものとし、同図の配列番号0の領域C_{1,0}(ここでCの2つの添字の前側はリング番号の値(この場合“1”)を、後側の添字(こ

40※の場合“0”)は配列番号の値を夫々意味するものとする。従って一般にリング番号h, 配列番号jの領域はC_{h,j}で示される。)は角度 θ が0 \sim 2 π /36[rad]の位置にある扇形の画素値の総和の格納領域であり、同じく配列番号1の領域C_{1,1}は角度が1 \times 2 π /36 \sim 2 \times 2 π /36[rad]の位置にある扇形の画素値の総和の格納領域であり、順次、同様にして配列番号35の領域C_{1,35}は角度が35 \times 2 π /36 \sim 36 \times 2 π /36[rad]の位置にある扇形の画素値の総和の格納領域である。

[0055] そしてリング状画像領域における前記の式

(10)で求めた角度 θ [rad]の位置にある画素の画素値を、 $18\theta/\pi$ の値を越えない最大の整数を配列番号の値とする上述した図12の円周パターンの領域へ加算する。このようにしてリング状画像領域の全ての画素についての加算が終了すると、当該のリング状画像領域の扇形画素値の各総和からなるデータ群としての円周パターン03が切出されたことになる。

【0056】このように円周パターンを切出した後、CPU27としての図1の回転角検出手段12によって被識別硬貨の画像の回転角を検出する。この回転角検出方法には被識別硬貨の円周パターンと予め記憶した基準硬貨の平均の円周パターンとの相関係数を求めて検出する方法や、この2つの円周パターンの間のマハラノビス距離を求めて検出する方法があるが、ここでは前者の相関係数を求めて検出する方法を説明する。

【0057】ROM29としての図1の円周パターン平均値記憶手段13には予め識別対象の全金種の硬貨(基準硬貨)の表側と裏側の円周パターンの平均値を記憶しておく。図13はこの円周パターン平均値記憶手段13*

$$\Gamma_{1,j} = (1/NS) \sum_{k=1}^{NS} (C_{1,j})_k \quad \dots (11)$$

次にこの図13の円周パターン平均値記憶手段13にある基準硬貨の円周パターン平均値と、円周パターン切出手段8で切出した被識別硬貨の図12の円周パターンとを比較して最も似ている回転角を求め、且つ2つの円周パターンの類似度を判断する。このために次式(12)により切出した図12の円周パターンの配列番号i番目から順番に並ぶ円周1周分(この例では36個)の各配列番号毎のデータ $(C_{1,i}, C_{1,i+1}, C_{1,i+2}, \dots, C_{1,35}, C_{1,0}, \dots, C_{1,i-1})$ と、図13の配列

$$(CRc)_i = (1/36) \cdot \sum_{j=0}^{35} \{ (C_{1,n} - {}^*C_1) (\Gamma_{1,j} - {}^*\Gamma_1) \} / \{ \{ (1/36) \cdot \sum_{j=0}^{35} (C_{1,j} - {}^*C_1)^2 \} \times \{ (1/36) \cdot \sum_{j=0}^{35} (\Gamma_{1,j} - {}^*\Gamma_1)^2 \} \}^{1/2}$$

$$\text{但し、} {}^*C_1 = (1/36) \cdot \sum_{j=0}^{35} C_{1,j}$$

$${}^*\Gamma_1 = (1/36) \cdot \sum_{j=0}^{35} \Gamma_{1,j}$$

$$n = i + j \quad \dots (i + j < 36 \text{ のとき})$$

$$n = i + j - 36 \quad \dots (i + j \geq 36 \text{ のとき})$$

$$\dots (12)$$

また最大の相関係数 $(CRc)_i$ の値は、被識別硬貨の円周パターンと基準硬貨の円周パターン平均値との類似度を表すので、CPU27としての図1の円周パターン識別演算手段15は、この $(CRc)_i$ の値が予めROM29に格納しているしきい値 $Thc1$ 以上であれば正貨と(仮に)判断する。

【0061】なお回転角検出手段12は切出した被識別硬貨の円周パターンを、このiに相当する角度だけずらして円周パターンの回転補正を行う。回転補正後の円周パターンの類似度を相関係数 $(CRc)_i$ に代わり、改めてマハラノビス距離により判断することもできる。次に回転補正した被識別硬貨の円周パターンと基準硬貨の円周パターン平均値との間のマハラノビス距離を求め、類★50

*内のデータ構造を示し、この構造は図12と同様である。即ち図13の例えばリング番号1(距離 $r1 \sim r2$)の配列番号0~35までのデータ $\Gamma_{1,0} \sim \Gamma_{1,35}$ は夫々、模様が所定の姿勢にある(但し被識別硬貨の模様の姿勢とは必ずしも一致しない)基準硬貨の、図12の $C_{1,0} \sim C_{1,35}$ に対応する角度 θ の位置にある扇形画像領域の画素値の総和を、同一姿勢の複数の基準硬貨の夫々対応する画素値の総和について平均して得た画素値の総和としての円周パターン03のデータである。

10 【0058】なお図13の円周パターン平均値を得るのに用いた複数枚(NSとする)の基準硬貨のサンプルの1枚(番号をkとする)について、予め図12と同様に求めた配列番号jでの画素値の総和 $C_{1,j}$ を改めて $(C_{1,j})_k$ とすると、図13の円周パターン平均値の配列番号jでの画素値の総和 $\Gamma_{1,j}$ は次式(11)で求められる。

【0059】

【数11】

※番号0から順番に並ぶ36個のデータ $(\Gamma_{1,0} \sim \Gamma_{1,35})$ 、なお一般的にはこのデータを $\Gamma_{1,j}$ 、(配列番号 $j=0 \sim 35$)として表す)との相関係数 $(CRc)_i$ を次式(12)により求め、配列番号iを可変しつつ求めた、この相関係数 $(CRc)_i$ が最大となるiの値を被識別硬貨の回転角とする。

【0060】

【数12】

★似度を判断する方法を説明する。

40 【0062】ROM29としての図1の円周パターン分散・共分散記憶手段14は、識別対象の全金種の表裏毎の、複数の基準硬貨から得た円周パターンの分散・共分散行列 Δc の逆行列 Δc^{-1} を 36×36 の正方行列として記憶している。図14はこの円周パターン分散・共分散記憶手段14内のデータ構造を示す。同図のi行j列目の項 S_{ij}^{-1} はこの逆行列 Δc^{-1} のi行j列目の項を示す。なお分散・共分散行列 Δc のi行j列目の項 S_{ij} は次式(13)で定義される。

【0063】

【数13】

$$S_{ij} = (1/NS) \sum_{k=1}^{NS} \{ (C_{1,i})_k - \Gamma_{1,i} \} \times \{ (C_{1,j})_k - \Gamma_{1,j} \} \quad \dots (13)$$

但し、NS：基準硬貨のサンプル数、k：基準硬貨のサンプル番号

$(C_{1,i})_k, (C_{1,j})_k$ ：基準硬貨のk番目のサンプルの円周パターンの画素値総和の夫々配列番号i, jに相当する値

$\Gamma_{1,i}, \Gamma_{1,j}$ ：基準硬貨の円周パターン平均値の画素値総和の夫々配列番号i, jに相当する値

CPU27としての円周パターン識別演算手段15はこ*

$$Dc^2 = [C_{1,0} - \Gamma_{1,0}, C_{1,1} - \Gamma_{1,1}, \dots, C_{1,35} - \Gamma_{1,35}]$$

$$\times \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{0n} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{n0} & S_{n1} & \cdot & \cdot & S_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C_{1,0} - \Gamma_{1,0} \\ C_{1,1} - \Gamma_{1,1} \\ \cdot \\ \cdot \\ C_{1,35} - \Gamma_{1,35} \end{bmatrix}$$

なお

20

$$\Delta c^{-1} = \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} & \cdot & \cdot & S_{0n} \\ S_{10} & S_{11} & \cdot & \cdot & S_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{n0} & S_{n1} & \cdot & \cdot & S_{nn} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} S_{00}^{-1} & S_{01}^{-1} & \cdot & \cdot & S_{0n}^{-1} \\ S_{10}^{-1} & S_{11}^{-1} & \cdot & \cdot & S_{1n}^{-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{n0}^{-1} & S_{n1}^{-1} & \cdot & \cdot & S_{nn}^{-1} \end{bmatrix}$$

... (14)

このマハラノビス距離 Dc^2 の値が大きい程、被識別硬貨の円周パターンが基準硬貨の円周パターン平均値から離れていることを表すので、 Dc^2 が予めROM29に記憶しているしきい値THc2以下であれば正貨と（仮に）判断する。

【0065】式(12)での回転補正と、式(14)での正偽の判断は硬貨の表側と裏側に分けて計算しなくてはならないが、始めに同心円パターンでの識別を行ってれば、被識別硬貨が表側に近いか裏側に近いか判っているので、近い方の円周パターンの平均値と分散・共分散行列の逆行列を使って式(12)、(14)を計算すればよい。

【0066】硬貨からは複数の円周パターンを取出すことができる。次はこの方法で硬貨の回転角を求める実施例を説明する。この例では被識別硬貨の2値化画像から※50

※3つの円周パターンを切出すものとし、図12及び図13は、夫々この時のRAM28内の切出された円周パターン及びROM29としての円周パターン平均値記憶手段13内の基準硬貨の円周パターン平均値のデータ構造を示している。

40

【0067】即ち図12では、前述のように硬貨の中心Oからの距離 $r1 \sim r2$ （リング番号1）の円周パターンデータ $C_{1,0} \sim C_{1,35}$ と同様な方法で切出された、夫々硬貨の中心Oからの距離 $r2 \sim r3$ （リング番号2）の円周パターンデータ $C_{2,0} \sim C_{2,35}$ 、及び距離 $r3 \sim r4$ （リング番号3）の円周パターンデータ $C_{3,0} \sim C_{3,35}$ が示されている。また図13の円周パターン平均値記憶手段13にも、リング番号1の円周パターンデータ $\Gamma_{1,0} \sim \Gamma_{1,35}$ と同様に、円周パターンデータ $C_{2,0} \sim C_{2,35}$ に対応するリング番号2の円周パターン平均値デ

ータ $\Gamma_{2,0} \sim \Gamma_{2,35}$ 、及び円周パターンデータ $C_{3,0} \sim C_{3,35}$ に対応するリング番号3の円周パターン平均値データ $\Gamma_{3,0} \sim \Gamma_{3,35}$ が格納されている。

【0068】次にこの場合の回転角検出手段12の動作を説明する。この場合も回転角検出手段12は図12の切出された3つの円周パターンと、この3つの円周パターンに夫々対応する図13の3つの円周パターン平均値とを比較して最も似ている回転角を求めるが、この時、図12の切出された3つの円周パターンを同時に同じ角度だけ回転させて、被識別硬貨の回転角を求める。

【0069】そのためには、前述した1つの(リング番

$$(CRc')_i =$$

$$\begin{aligned} & (1/(3 \times 36)) \cdot {}^{35}\sum_{j=0}^3 \sum_{h=1}^1 \{ (C_{h,j} - {}^*C) (\Gamma_{h,j} - {}^*\Gamma) \} \\ & / \{ (1/(3 \times 36)) \cdot {}^{35}\sum_{j=0}^3 \sum_{h=1}^1 (C_{h,j} - {}^*C)^2 \} \\ & \times \{ (1/(3 \times 36)) \cdot {}^{35}\sum_{j=0}^3 \sum_{h=1}^1 (\Gamma_{h,j} - {}^*\Gamma)^2 \}^{1/2} \end{aligned}$$

但し

$${}^*C = (1/(3 \times 36)) \cdot {}^{35}\sum_{j=0}^3 \sum_{h=1}^1 C_{h,j}$$

$${}^*\Gamma = (1/(3 \times 36)) \cdot {}^{35}\sum_{j=0}^3 \sum_{h=1}^1 \Gamma_{h,j}$$

$$n = i + j \quad \dots (i + j < 36 \text{ のとき})$$

$$n = i + j - 36 \quad \dots (i + j \geq 36 \text{ のとき})$$

なお、 n, i, j : 配列番号、 h : リング番号
このように最大となった相関係数 $(CRc')_i$ が予めROM29に格納しているしきい値 $THc3$ より大きければ円周パターン識別演算手段15が正貨と(仮に)判断する。

【0071】最後にCPU27としての図1の正偽判断手段16は、硬貨の直径、同心円パターンの類似度、円周パターンの類似度のいずれの判断も正貨であれば、当該の被識別硬貨を正貨と正式に識別する。以上の実施例では円周パターンの扇形画像領域の画素値の総和を用いて硬貨の識別を行ったが、画素値の総和の代わりに平均値を用いても良い。

【0072】

【発明の効果】本発明によれば、硬貨の濃淡画像又は2値化画像から、硬貨の回転に無関係の同心円パターンや、回転に関係するが直列データである円周パターンを切出して識別を行うようにしたので、硬貨の模様の特徴を失うことなく、模様の情報量を大幅に減らして、識別時間を大幅に短縮できる。

【0073】例えば 300×300 画素の硬貨の画像を識別する場合、従来技術で 1° ずつ回転補正すると約1億回の積和演算が必要であるが、同心円パターンを相関係数で識別すると約500回の積和演算で識別でき、また同心円パターンをマハラノビス距離で識別しても、約25,000回の積和演算で識別できる。円周パターンでの識別でも、回転するデータの総量が従来技術で9万個あったものが、前述した実施例の場合、 10° ずつ分割した3つのリングで108個になるため、およそ1/8000程度の時間で識別できる。

*号1の) リング状画像領域による回転角検出の場合と同様に、図12の切出された3つの円周パターンの配列番号 i 番目の各画素値総和からの円周1周分の各画素値総和と、図13の3つの円周パターン平均値の配列番号0番目～35番目の平均の各画素値総和との相関係数 $(CRc')_i$ を次式(15)で求め、配列番号 i を順次変えて相関係数 $(CRc')_i$ が最大となる i の値を被識別硬貨の回転角とする。

【0070】

10 【数15】

... (15)

※【0074】また類似度を求めるのに相関係数のほか、マハラノビス距離を用いるようにしたので、模様分布の高精度な識別が可能となる。さらに硬貨の濃淡画像から、識別対象の硬貨に最適なしきい値を求めて2値化画像を取出すようにしたので、硬貨表面の汚れや錆の影響の小さい安定な識別を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

30 【図1】本発明の画像パターン識別装置の一実施例としての機能構成を示すブロック図

【図2】本発明における硬貨の直径を検出する方法の説明図

【図3】本発明における同心円パターンの説明図

【図4】本発明における円周パターンの説明図

【図5】本発明の画像パターン識別装置の一実施例としてのハード構成を示すブロック図

【図6】図5のDPVRAM内の硬貨画像記憶領域のデータ構造の実施例を示す図

40 【図7】図1の金種別白黒比記憶手段内のデータ構造の実施例を示す図

【図8】本発明に基づく2値化画像作成方法の説明図

【図9】本発明に基づいて被識別硬貨の画像から切出される同心円パターンのデータ構造の実施例を示す図

【図10】図1の同心円パターン平均値記憶手段内の同心円パターンの構造の実施例を示す図

【図11】図1の同心円パターン分散・共分散記憶手段内の同心円パターンの分散・共分散行列の逆行列の構造の実施例を示す図

※50 【図12】本発明に基づいて被識別硬貨の画像から切出される円周パターンの構造の実施例を示す図

【図13】図1の円周パターン平均値記憶手段内の円周パターンの構造の実施例を示す図

【図14】図1の円周パターン分散・共分散記憶手段内の円周パターンの分散・共分散行列の逆行列の構造の実施例を示す図

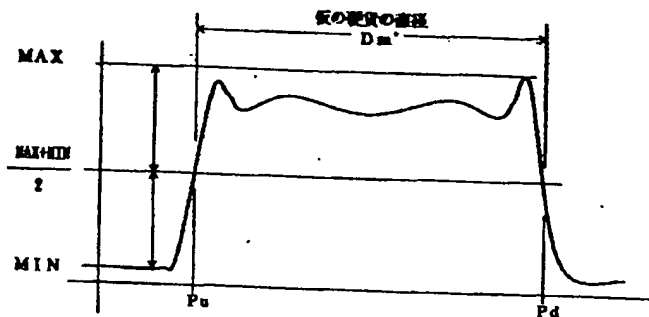
【図15】従来の硬貨画像識別方法の説明図

【符号の説明】

- 01 硬貨
- 02 同心円パターン
- 03 円周パターン
- 04 ヒストグラム
- 1 画像検出手段
- 2 模様記憶手段
- 3 直径検出手段
- 4 識別金種判断手段
- 5 金種別白黒比記憶手段
- 6 2値化手段
- 7 同心円パターン切出し手段
- 8 円周パターン切出し手段
- 9 同心円パターン平均値記憶手段
- 10 同心円パターン分散・共分散記憶手段
- 11 同心円パターン識別演算手段
- 12 回転角検出手段
- 13 円周パターン平均値記憶手段
- 14 円周パターン分散・共分散記憶手段
- 15 円周パターン識別演算手段

- 16 正偽判断手段
- 21 CCDカメラ
- 22 同期回路
- 23 サンプル/ホールド回路
- 24 A/D変換器
- 25 アドレスカウンタ
- 26 DPVRAPM
- 27 CPU
- 28 RAM
- 29 ROM
- 30 アドレスバス
- 31 データバス
- F1 硬貨の検出画像
- D_m' 仮の硬貨の直径
- O 硬貨の中心
- $r, r1, r2, r3, r4$ 硬貨の中心からの距離
- R 硬貨の中心から外径までの距離
- TH (TH1, TH2) 2値化しきい値
- E_r 同心円パターンの画素値総和
- 20 n_r 同心円パターンの画素数
- e_r 同心円パターンの平均画素値
- e_r 基準硬貨の同心円パターン平均値の平均画素値
- Ch, j 円周パターンの扇形の画素値総和
- $\Gamma_{h, j}$ 基準硬貨の円周パターン平均値の扇形の画素値総和

【図2】

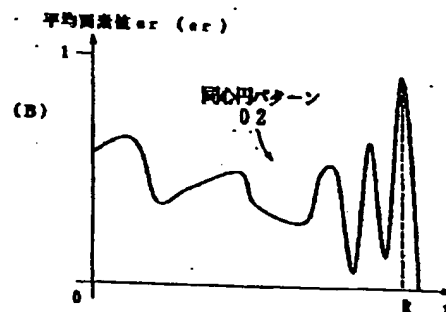
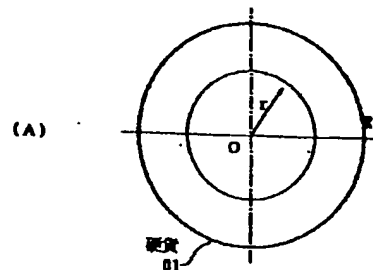


【図7】

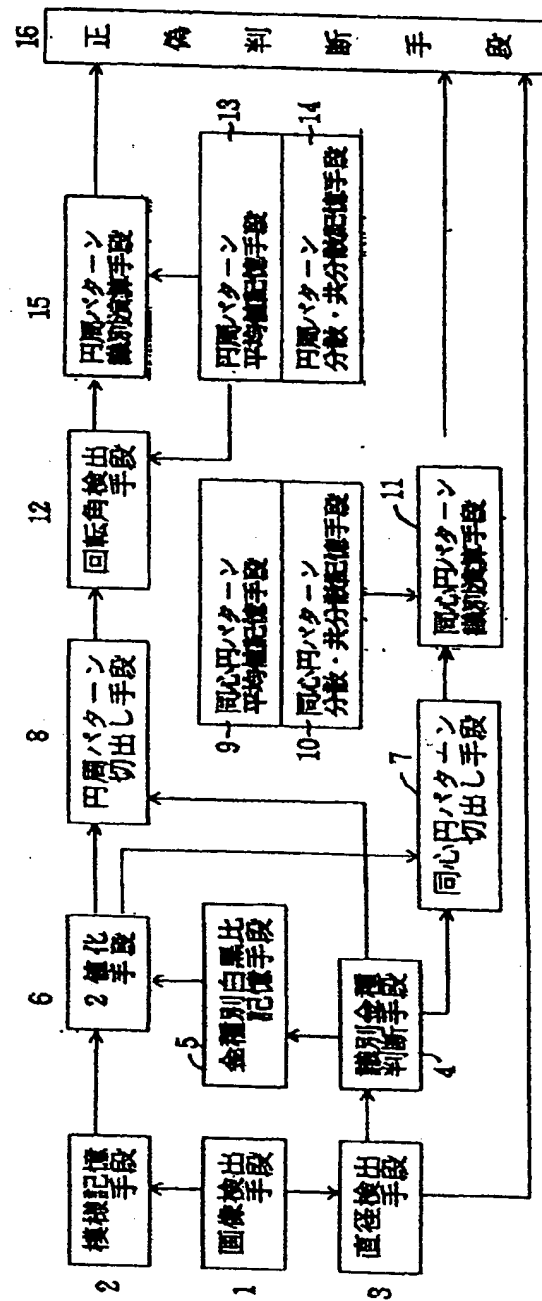
金種別白黒比記憶手段

金種	1円	5円	10円	50円	100円	500円
白黒比	表 0.15	0.16	0.19	0.17	0.21	0.25
	裏 0.12	0.18	0.18	0.15	0.15	0.24

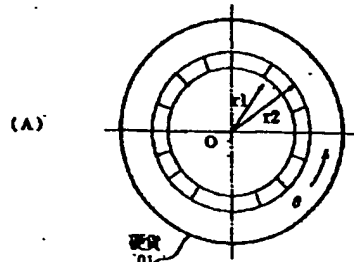
【図3】



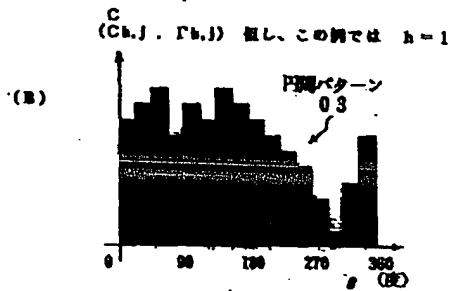
【図1】



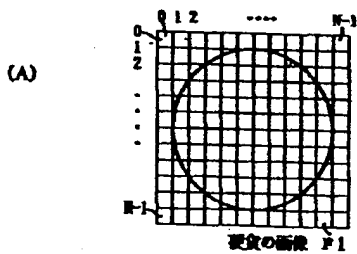
【図4】



各画素の画素値の総和



【図6】

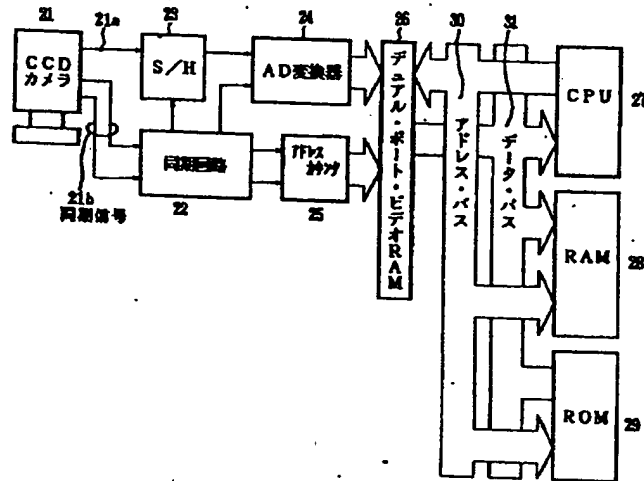


(B)

	0列	1列	2列	N-1列
0行	0	1	2	N-1
1行	M	M+1	M+2	2M-1
...					
M-1行	(M-1)M	(M-1)M+1	(M-1)M+2	M×N-1

メモリ 26 の連続画素値の総和

【図5】

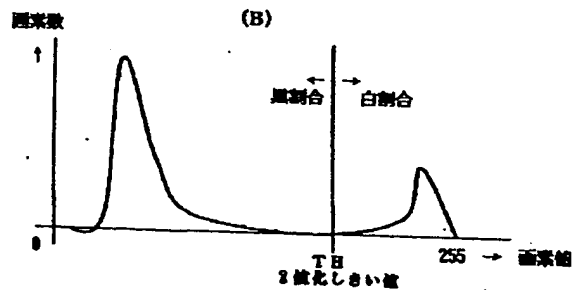


【図8】

ヒストグラム
0.4

(A)

画素値	画素数
0	0
1	9
2	8
...	...
255	0
全画素数	100000



【図9】

RAM28内の同心円パターンデータ構造

座標 r	同心円値和 E_r	座標数 n_r	平均同心値 $or(= E_r/n_r)$
0	0	1	0
1	2	4	0.5
⋮	⋮	⋮	⋮
R	E_R	n_R	oR

【図10】

同心円パターン平均値記憶手段
9

座標 r	同心円パターン 平均値 or ($r=0 \sim R$)	
	表側	裏側
0	0	0.2
1	0.5	0.3
⋮	⋮	⋮
R	oR	oR

【図11】

同心円パターン分散・共分散記憶手段
10

座標	0	1	⋯	R
0	S_{00}^{-1}	S_{01}^{-1}	⋯	S_{0R}^{-1}
1	S_{10}^{-1}	S_{11}^{-1}	⋯	S_{1R}^{-1}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
R	S_{R0}^{-1}	S_{R1}^{-1}	⋯	S_{RR}^{-1}

【図12】

RAM28内の円周パターンデータ構造

座列 番号 j	角度 θ	各リングの円周パターン (座列番号座列和 Ch_j)		
		(h-1) $r1 \sim r2$	(h-2) $r2 \sim r3$	(h-3) $r3 \sim r4$
0	0	$C_{h,0}$	$C_{h,0}$	$C_{h,0}$
1	10	$C_{h,1}$	$C_{h,1}$	$C_{h,1}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	350	$C_{h,35}$	$C_{h,35}$	$C_{h,35}$

【図13】

円周パターン平均値記憶手段
13

座列 番号 j	角度 θ	各リングの円周パターン平均値 (座列番号座列和 $\Gamma_{h,j}$)		
		(h-1) $r1 \sim r2$	(h-2) $r2 \sim r3$	(h-3) $r3 \sim r4$
0	0	$\Gamma_{h,0}$	$\Gamma_{h,0}$	$\Gamma_{h,0}$
1	10	$\Gamma_{h,1}$	$\Gamma_{h,1}$	$\Gamma_{h,1}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	350	$\Gamma_{h,35}$	$\Gamma_{h,35}$	$\Gamma_{h,35}$

【図14】

円周パターン分散・共分散記憶手段
14

座列 番号	0	1	⋯	35
0	S_{00}^{-1}	S_{01}^{-1}	⋯	S_{0R}^{-1}
1	S_{10}^{-1}	S_{11}^{-1}	⋯	S_{1R}^{-1}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	S_{R0}^{-1}	S_{R1}^{-1}	⋯	S_{RR}^{-1}

【図15】

